

**EVALUASI KINERJA BANGUNAN PRASEDIMENTASI
PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR SIWALAN PANJI
KOTA SIDOARJO**

TESIS



Oleh :

**MARIA MUSTIKA NINGRUM
NIM. 18. 12. 1009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI MANAJEMEN KONSTRUKSI**

**PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2020



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TESIS
PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL

NAMA : MARIA MUSTIKANINGRUM
NIM : 18121009
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI : MANAJEMEN KONSTRUKSI
JUDUL : EVALUASI KINERJA BANGUNAN
PRASEDIMENTASI PADA INSTALASI
PENGOLAHAN SIWALAN PANJI KOTA
SIDOARJO

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Tesis Jenjang Program Studi
Pascasarjana Magister Teknik (S-2)

Pada Hari : Selasa
Tanggal : 11 Agustus 2020
Dengan Nilai : A

PANITIA UJIAN TESIS
KETUA


(Dr. Ir. Kustamar, MT)

NIP. 196402011991031002

PENGUJI I


(Prof. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT)

NIP. Y. 1018700153

PENGUJI II

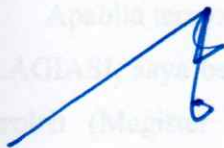

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT

NIP. Y. 1031500485

Tesis oleh **Maria Mustika Ningrum** (18.100.019) ini telah diperiksa dan disetujui dalam ujian:

Malang, Agustus 2020

Pembimbing I



Dr. Ir. Kustamar, MT
NIP. 196402011991031002

Pembimbing II



Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc
NIP. 196106201991031002

Direktur PPs. ITN Malang



Dr. Ir. Dayal Gustopo Setiadjit, MT
NIP. Y. 103094264

Kaprodi MK PPs. ITN Malang



Dr. Ir. Lies K. Wulandari, MT
NIP. P. 1031500485

PERNYATAAN

ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Magister Teknik) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.



NIM. 18.100.019

ABSTRAK

Maria Mustikaningrum, 2020 “Evaluasi Kinerja Bangunan Prasedimentasi Pada Instalasi Pengolahan Air Siwalan Panji Sidoarjo” Pembimbing: (1) Dr. Ir. Kustamar, MT (2) Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc.

Sungai Afoer di Kecamatan Buduran Kota Sidoarjo adalah salah satu sungai sebagai sumber air baku oleh Instalasi Pengolahan Air Siwalan Panji, penelitian ini bertujuan menganalisis kualitas air baku, peningkatan kinerja bangunan prasedimentasi dengan solusi alternatif, kemampuan biofilter dalam penurunan BOD, COD dan TSS, menganalisis jenis biofilter terbaik, kebutuhan udara pada aerasi, dan menganalisis biaya paling ekonomis dan efektif dari biofilter yang digunakan.

Metode penelitian ini adalah eksperimen studi alternatif biofiltrasi seperti batu pecah, *crossflow*, bio-ball dan analisis data dilakukan menggunakan uji *Anova two way*. Hasil penelitian menunjukkan air baku tidak memenuhi standar baku mutu air baku kelas I, untuk solusi peningkatan kinerja bangunan prasedimentasi digunakan biofilter batu pecah, *Crossflow*, bio-ball dan *Root Blower Diffuser* sebagai penyuplai udara ruang aerasi. Hasil uji statistik menunjukkan waktu tinggal hidrolisis efektif adalah 87 jam dengan efisiensi penurunan zat organik pada biofilter batu pecah BOD 87,05%, COD 84,61%, TSS 45,00%, biofilter *crossflow* BOD 97,73%, COD 95,35%, TSS 45,00%, dan biofilter bio-ball BOD 97,64%, COD 95,26%, TSS 45,00%, pada waktu tinggal hidrolisis 87 jam biofilter terbaik adalah *Crossflow*, dan jumlah udara yang diperlukan untuk proses aerasi adalah 287,853 m³/hari. Hasil analisis biaya paling ekonomis dan efektif yaitu biofilter *Crossflow* dengan nilai BOQ Rp. 383,240,648,- dan biaya OP per tahunnya Rp. 198,545,884,-

Kata Kunci : *Kualitas Air Baku, Prasedimentasi, Biofilter*

ABSTRAK

Maria Mustikaningrum*, 2020 “Evaluation of the performance of Pra sedimentation on water treatment installation Siwalan Panji Sidoarjo” Supervisor: (1) Dr. Ir. Kustamar, MT (2) Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc.

Afoer River in Buduran Regency Sidoarjo City is one of the rivers that become the source of raw water by the Siwalan Panji water treatment plant, This research aims to analyse the quality of raw water, improved performance of the Pra Sedimentation building with alternative solutions, Biofilters ability in the reduction of BOD, COD and TSS, Analyse the best types of biofilters, air needs on aeration, and analyze the most economical and effective biofilter costs used.

This research method is an experimental alternative study of biofiltration such as gravel, crossflow, bio-ball and data analysis were conducted using the Anova two way test. The results showed that raw water did not meet the standard grade raw water quality standards, for solutions to improve performance of the pra sedimentation of biofilters use gravel, Crossflow, bio-ball and Root Blower Diffuser as an aerated air-supply chamber. The results of the statistic test indicate the residence time of effective hydrolysis is 87 hours with the efficiency of decreasing organic substances on biofilters gravel BOD 87.05%, COD 84.61%, TSS 45.000%, crossflow BOD biofilters 97.73%, COD 95.35%, TSS 45.00%, and biofilters bio-ball BOD 97.64%, COD 95.26%, and TSS 45.00%, at the Hydraulic Retention Time of 87 hours, the best biofilters are Crossflow, And the amount of air required for the aeration process is 287.853 m³/day. Results of the most economical and effective cost analysis of Crossflow biofilters with BOQ value Rp 383,240,648,-and OP cost per year Rp. 198,545,884,-

Keywords: Raw water quality, Pra Sedimentation, Biofilter

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAKS	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Air	7
2.1.1. Sumber Air Baku	8
2.1.2. Kualitas dan Karakteristik Air Baku	9
2.1.3. Standar Baku Mutu Air Baku	13
2.2. Unit Pengolahan Air	16
2.3. Pengukuran Kualitas Air	16
2.4. Pengolahan Air Limbah Menurut Karakteristiknya ...	17
2.4.1. Proses Pengolahan Fisika	17

2.4.2.	Proses Pengolahan Kimia	17
2.4.3.	Proses Pengolahan Biologi	17
2.5.	Media Biofilter	17
2.5.1.	Media Biofilter <i>Trickling Filter</i> dengan Batu Pecah	19
2.5.2.	Media Biofilter <i>Fiber Mesh Pads</i>	20
2.5.3.	Media Biofilter <i>Random</i> atau <i>Dumped Packing</i>	21
2.5.4.	Media Biofilter Terstruktur (Structured Packings)	22
2.5.5.	Media Biofilter Brillo Pads	23
2.6.	Mekanisme Penguraian Senyawa Polutan Dalam Proses Biofiltrasi ...	23
2.7.	Keunggulan Pengolahan Air Limbah Dengan Biofilter	26
2.7.1.	Faktor-faktor yang mempengaruhi Efisiensi Biofilter	26
2.8.	Perbedaan Biofiltrasi Secara Aerob Dan Anaerob	28
2.8.1.	Biofilter Aerob	29
2.8.2.	Biofiltrasi Anaerob	30
2.9.	Proses Aerasi	31
2.10.	Penelitian Terdahulu	34

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Gambaran Umum Kota Sidoarjo	35
3.2.	Gambaran Umum PDAM Delta Tirta Sidoarjo	35
3.3.	Gambaran Umum Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalan Panji	37
3.4.	Alur Penelitian	38
3.5.	Tahap Penelitian	39
3.5.1.	Pengumpulan data	39
3.5.2.	Analisa Data	40
3.5.3.	Analisa Biaya	42
3.5.4.	Pemilihan Media Biofilter	43

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Kualitas Air Baku IPA Siwalan Panji	45
4.2.	Evaluasi Dimensi Bangunan Prasedimentasi	46

4.3.	Solusi Peningkatan Kinerja Unit Prasedimentasi	56
4.3.1.	Tabel penurunan dan Efisiensi Zat Organik BOD, COD, TSS Dengan Variasi Media Alternatif Bioilter Terhadap Variasi Waktu Hidrolisis (HRT)	57
4.3.2.	Alternatif I dengan Media Biofilter Batu Pecah	69
4.3.3.	Alternatif I dengan Media Biofilter Crossflow	72
4.3.4.	Alternatif I dengan Media Biofilter	75
4.4.	Peningkatan kinerja proses hidrolisis pada ruang aerasi	78
4.5.	Menghitung RAB dan BOQ	80
4.5.1.	Tabel perhitungan Bill of Quantity (BOQ)	82
4.6.	Perbandingan Biaya Oprasional dan Perawatan.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesmpulan	85
5.2.	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1.1. Perbandingan hasil analisa air baku input output konstruksi bangunan prasedimentasi pada Tahun 2010 dan 2020	2
Tabel 2.1. Karakteristik air baku berdasarkan sumber air	10
Tabel 2.2. Standar Baku Mutu Air Baku berdasarkan kelas	13
Tabel 2.3. Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter	19
Tabel 2.4. Spesifikasi media sarang tawon.....	22
Tabel. 2.5. Media Biofilter dengan hasil terbaik	25
Tabel 2.11. Penelitian Terdahulu	34
Tabel 4.1. Hasil analisa air baku terhadap standar baku mutu air baku kelas I	44
Tabel. 4.2. Hasil analisa kualitas air yang ada pada bangunan Prasedimentasi	44
Tabel 4.3. Hasil analisa rerata kekeruhan (NTU) Tahun 2010 dan 2020	46
Tabel 4.4. Hasil evaluasi bangunan prasedimentasi	53
Tabel 4.5. Efisiensi (%) Penurunan Zat Organik BOD, COD, TSS dan Media Alternatif Biofilter Terhadap Waktu Tinggal Hidrolisis	56
Tabel 4.6. Perhitungan harga satuan pokok kegiatan (HSPK).....	81
Tabel 4.7. Tabel perhitungan BOQ Biofilter Batu Pecah	82
Tabel 4.8. Tabel perhitungan BOQ Biofilter <i>Crossflow</i>	82
Tabel 4.9. Tabel perhitungan BOQ Biofilter Bio-ball	82
Tabel 4.10. Biaya Operasional Dan Pemeliharaan Pertahun Pada Biofilter Alternatif	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Komponen Instalasi Pengolahan Air (IPA).....	16
Gambar 2.2. Biofilter	19
Gambar 2.3. Media Kerikil atau batu pecah untuk media biofilter	20
Gambar 2.4. Media Random Packing	22
Gambar 2.5. Media terstruktur tipe sarang tawon (<i>crossflow</i>)	22
Gambar 2.6. Mekanisme proses di dalam system biofilm	24
Gambar 2.7. Hubungan HRT dan penurunan COD	26
Gambar 2.8. Hubungan suhu dan penurunan COD	27
Gambar 2.9. Hubungan konsentrasi COD masuk dengan penurunan COD	27
Gambar 2.10. Hubungan luas permukaan spesifik media dengan penurunan COD	28
Gambar 2.11. Hubungan rasio efisiensi penurunan BOD terhadap penurunan COD	28
Gambar 2.12. Contoh proses air aerasi	31
Gambar 3.1. Lokasi IPA Siwalanpanji	37
Gambar 3.2. Bagan alur penelitian	38
Gambar 4.1. Konstruksi bak Prasedimentasi eksisting	46
Gambar 4.2. Potongan bak penampung air baku inlet	46
Gambar 4.3. Potongan bak hidrolis	47
Gambar 4.4. Grafik hubungan penurunan zat organik (mg/l) BOD, COD, dan TSS pada media batu pecah terhadap variasi waktu tinggal hidrolisis	57
Gambar 4.5. Grafik hubungan penurunan zat organik (mg/l) BOD, COD, dan TSS pada media <i>Crossflow</i> terhadap variasi waktu tinggal hidrolisis	57

Gambar 4.6.	Grafik hubungan penurunan zat organik (mg/l) BOD, COD, dan TSS pada media Bio-Ball terhadap variasi waktu tinggal hidrolisis	58
Gambar 4.7.	<i>Output Two Way</i> ANOVA pada penurunan konsentrasi zat organik BOD (mg/l)	58
Gambar 4.8.	Grafik interaksi antara penurunan zat organik BOD (mg/l) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	59
Gambar 4.9.	<i>Output Two Way</i> ANOVA pada penurunan konsentrasi zat organik COD (mg/l)	59
Gambar 4.10.	Grafik interaksi antara penurunan zat organik COD (mg/l) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	60
Gambar 4.11.	<i>Output Two Way</i> ANOVA pada penurunan konsentrasi zat organik TSS (mg/l)	60
Gambar 4.12.	Grafik interaksi antara penurunan zat organik TSS (mg/l) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	61
Gambar 4.13.	Histogram hubungan penurunan konsentrasi zat organik (mg/l) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	61
Gambar 4.14.	Grafik hubungan efisiensi penurunan zat organik (%) BOD, COD, dan TSS pada media batu pecah terhadap variasi waktu tinggal hidrolisis	62
Gambar 4.15.	Grafik hubungan efisiensi penurunan zat organik (%) BOD, COD, dan TSS pada media <i>Crossflow</i> terhadap variasi waktu tinggal hidrolisis	62
Gambar 4.16.	Grafik hubungan efisiensi penurunan zat organik (%) BOD, COD, dan TSS pada media Bio-Ball terhadap	

variasi waktu tinggal hidrolisis	63
Gambar 4.17. <i>Output Two Way ANOVA</i> pada efisiensi penurunan konsentrasi zat organik BOD (%)	63
Gambar 4.18. Grafik interaksi antara efisiensi penurunan zat organik BOD (%) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	64
Gambar 4.19. <i>Output Two Way ANOVA</i> pada efisiensi penurunan konsentrasi zat organik COD (%)	64
Gambar 4.20. Grafik interaksi antara efisiensi penurunan zat organik COD (%) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	65
Gambar 4.21. <i>Output Two Way ANOVA</i> pada efisiensi penurunan konsentrasi zat organik TSS (%)	65
Gambar 4.22. Grafik interaksi antara efisiensi penurunan zat organik TSS (%) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	66
Gambar 4.23. Histogram hubungan efisiensi penurunan konsentrasi zat organik (%) pada media biofilter alternatif terhadap waktu tinggal hidrolisis	66
Gambar 4.24. Output uji Duncan penentuan media biofilter alternatif pada efisiensi penurunan zat organik BOD terhadap waktu tinggal 87 jam	67
Gambar 4.25. Output uji Duncan penentuan media biofilter alternatif pada efisiensi penurunan zat organik COD terhadap waktu tinggal 87 jam	67
Gambar 4.26. Output uji Duncan penentuan media biofilter alternatif pada efisiensi penurunan zat organik TSS terhadap waktu tinggal 87 jam	68
Gambar 4.27. Output uji Duncan penentuan media biofilter alternatif pada	

	efisiensi penurunan BOD terhadap waktu tinggal hidrolisis 87 jam	68
Gambar 4.28.	Output uji Duncan penentuan media biofilter alternatif pada efisiensi penurunan COD terhadap waktu tinggal hidrolisis 87 jam	69
Gambar 4.29.	Output uji Duncan penentuan media biofilter alternatif pada efisiensi penurunan TSS terhadap waktu tinggal hidrolisis 87 jam	69